



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Jani Niemelä

# Omakotitalon energiankulutus ja sen säästäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

11.12.2019

Tekijä Otsikko	Jani Niemelä Omakotitalon energiankulutus ja sen säästäminen
Sivumäärä Aika	30 sivua + 1 liitettä 11.12.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Vesa Sippola
<p>Insinööritöiden tarkoitus oli selvittää sipoolaisen kiinteistön, johon kuuluu omakotitalo ja autotalli, energiankulutus ja keinot sen vähentämiseksi. Kiinteistön omistajan asettamana tavoitteena oli saada rahallista säästöä ja pienentää hiilijalanjälkeä, energiankulutusta pienentämällä.</p> <p>Nykytilan kartoittamiseksi selvitettiin toteutuneet energiankulutukset sähkön ja lämmitysjärjestelmän osalta sekä kiinteistötekniikan kunto ja säädöt. Energiansäästö mahdollisuuksia selvitettiin kirjallisuuden ja internetin avulla. Työn aikana tehtiin energiankulutus mittauksia. Mittauksien ja lähdemateriaaleista saaduilla keskiarvoisten kulutuksien avulla suoritettiin laskelmia säästömahdollisuuksista ja takaisinmaksuajoista.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin kattava lista erilaisista muutoksista, joilla voitaisiin pienentää kiinteistön energiankulutusta. Työn tilaajalle selviää raportista mahdollinen energiankulutuksen säästön määrä kilowattitunteina, joka on noin 15 prosenttia työtä edeltävästä tasosta ja euroina mahdollinen säästö on jopa 40 prosenttia vuotuisista menoista. Tilaaja sai myös paljon tietoa kiinteistön laitteiden kunnosta ja niiden oikeanlaisesta käytämisestä eri tilanteissa.</p> <p>Kiinteistön energiankulutusta on mahdollista saada pienemmäksi. Pienien säästöjen aikaansaamiseksi ei vaadita suuria investointeja, riittää, että kiinnitetään huomiota kiinteistötekniikan oikeisiin säätöihin ja omiin kulutustottumuksiin. Jos tavoitteena on saada huomattavia säästöjä, silloin vaaditaan myös rahallista panostusta. Lämmitys on tärkein kohde säästöjä tavoiteltaessa, sillä sen osuus energiankulutuksesta on noin 50 prosenttia.</p>	
Avainsanat	energiankulutus, energiansäästö, omakotitalon lämmitys

Author Title	Jani Niemelä Energy consumption and energy efficiency of a detached house
Number of Pages Date	30 pages + 1 appendix 11 December 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineerin
Instructors	Vesa Sippola, Senior Lecturer
<p>The purpose of the thesis study was to determine the energy consumption of a property located in Sipoo (detached house and garage), and ways to reduce the energy consumption. The goal set by the property owner was to save money and reduce carbon footprint by reducing the consumed energy.</p> <p>The actual energy consumptions of electricity and heating oil, as well as the condition and adjustments of the building technology were studied, in order to outline the current state. The property's energy consumption was measured. Calculations of savings potential and payback times were made by using the property's energy consumption measurements and average consumption obtained from source materials.</p> <p>The result of the work is a comprehensive list of various changes that could reduce the energy consumption of the property. The report shows the potential energy savings in kWh, which is about 15 percent of the pre-work level and the potential savings in euros are up to 40 percent of the annual costs. The customer also received a great deal of information on the condition of the equipment in the property and its correct use in different situations.</p> <p>It is possible to reduce the energy consumption of the property. In order to make small savings, no major investments are required, it is enough to pay attention to the correct adjustments of building technology and to consumption habits. If the goal is to make significant savings, then financial effort is required. Heating is the ultimate target for saving, as it accounts for approximately 50 percent of the total energy consumption.</p>	
Keywords	energy consumption, energy saving, heating

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähkön hinta	2
3	Kohteen kuvaus	4
4	Kiinteistön energiankulutus	7
4.1	Sisäilmasto	7
4.2	Ilmanvaihto	7
4.3	Lämmitys	8
4.4	Valaistus	11
4.5	Käyttäjien kulutustottumukset	12
5	Kohteen energian kulutus	14
6	Muutosehdotukset	19
6.1	Lämmityksen muutokset	19
6.2	Valaistuksen muutokset	22
6.3	Autotallin muutokset	23
7	Kustannukset	27
7.1	Kotitalousvähennys	27
7.2	Energian kokonaiskustannukset	27
7.3	Energian kokonaiskustannukset muutosten jälkeen	28
7.4	Takaisinmaksuaika	29
8	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Pohjapiirustukset	

## Lyhenteet

COP	Coefficient of Performance. COP-arvo ilmaisee ilmalämpöpumpun hyötysuhteen.
IV-kone	Ilmanvaihtokone. Ilmanvaihtokone, jossa sekä tulo- että poistoilma on toteutettu koneellisesti.
LED	Light-Emitting Diode. LED eli Ledi on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan virtaa.
LTO	Lämmöntalteenotto. Ilmanvaihtokoneen toiminto, jolla saadaan lämpöisen poistoilman energia talteen.
TMA	Takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuaika on aika, jona investointi maksaa hintansa takaisin eli nettotuottoja kertyy perushankintamenon verran.

## 1 Johdanto

Suomen hallitus on asettanut tavoitteeksi pienentää Suomen ilmastopäästöjä vuoteen 2030 mennessä vähintään 55 prosentilla vuoden 1990 päästötasoista [1]. Asumiseen kului energiaa Suomessa vuonna 2018 noin 66 terawattituntia (TWh) [2]. Asuminen ja siihen liittyvä energiankulutus aiheuttaa noin 30 prosenttia koko maan kasvihuonepäästöistä [3]. Asumisen ympäristövaikutukset ovatkin huomattavat.

Sähköntuotanto on merkittävä kasvihuonekaasujen lähde. Jatkuva ilmaston lämpeneminen ja hallituksen tavoite huomioiden voidaan olettaa, että myös pientaloasukkaita tullaan kannustamaan energiatehokkuuteen tavalla tai toisella. Suomessa on noin 665 000 sähkölämmitteistä asuntoa, joiden omistajilla on mahdollisuus tehdä osansa ilmastotal-koissa sekä vähentää energiankulutuksesta aiheutuvia kustannuksia [4].

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia Sipoossa sijaitsevan kiinteistön energiankulutusta ja mahdollisuutta pienentää sitä. Kohteen sähkönkulutus on ollut vuonna 2018 n. 22 000 kilowattituntia (kWh) ja lämmitysöljyn kulutus noin 1000 litraa, joita kiinteistön omistaja haluaisi pienemmiksi rahallisen hyödyn sekä pienemmän hiilijalanjäljen saavuttamiseksi.

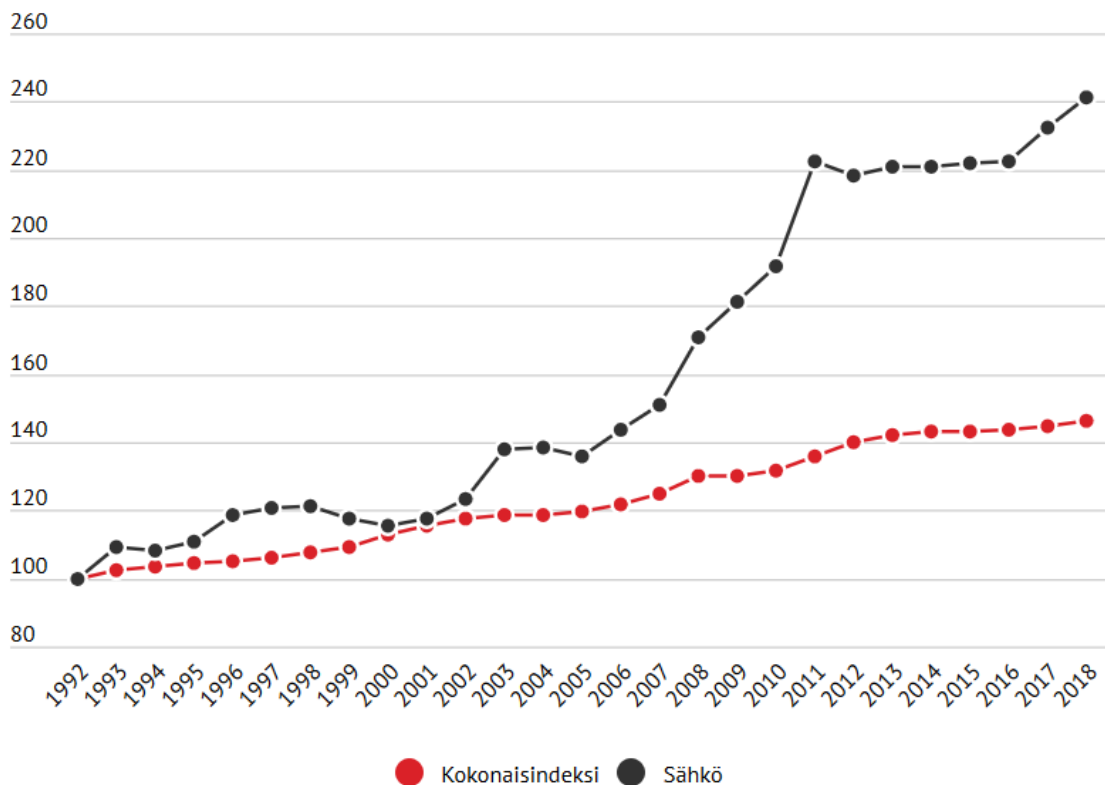
Kohteen sähkön ja lämmitysöljyn vuosikulutus selvitetään tarkastelemalla edellisvuosien toteutuneita kulutuksia. Kiinteistöjen energiankulukseen ja sen mahdolliseen säästä-miseen perehdytään kirjallisuuden ja verkkojulkaisujen avulla sekä tekemällä kohteessa mittauksia ja laskelmia.

Työ koostuu asuintalon osalta energiaa kuluttavan kiinteistötekniikan tutkimisesta sekä mahdollisista muutoksista säästöjen aikaan saamiseksi. Kiinteistöllä sijaitsevan 60 m<sup>2</sup>:n autotallin lämmitys on toteutettu öljyllä, joten tallin kohdalla vertaillaan sähkölämmityksen ja öljylämmityksen eroja, sekä valaistuksen muuttamista energiatehokkaammaksi. Työn ulkopuolelle rajataan kodin käyttölaitteet sekä sellaiset energian tuottotavat, joita ei kiin-teistöön ole asennettu, kuten aurinko- ja tuulienergian mahdollisuudet energiasäästöjen aikaansaamiseksi.

## 2 Sähkön hinta

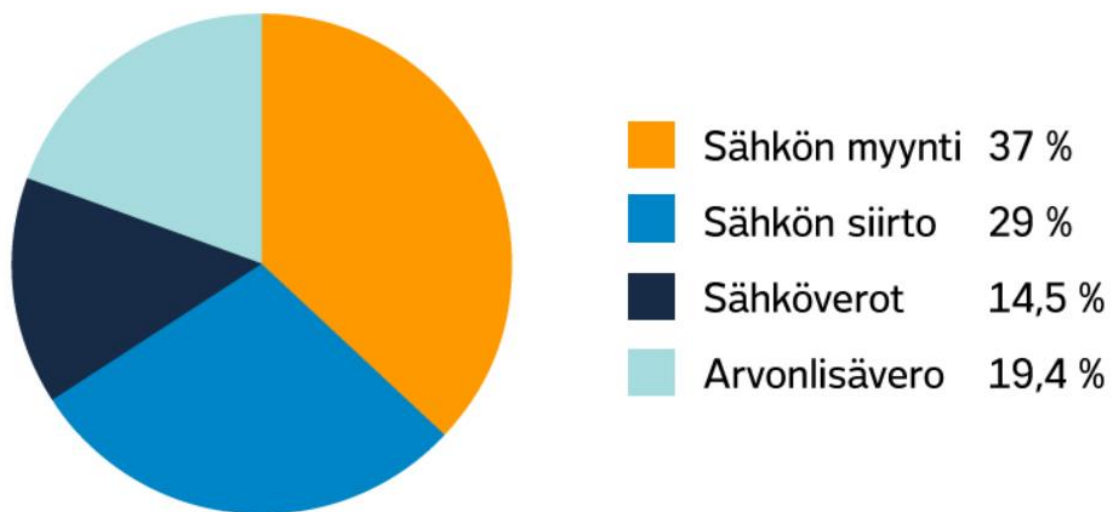
Sähkön hinta on jatkuvasti kehittynyt ylöspäin, kuten kuvasta 1 selviää, ja on odotettavaa, että se tulee myös tulevaisuudessa kehittymään ylöspäin, esim. säävarman sähköverkon rakentamisen kustannukset tulevat nostamaan hintoja.

Sähkön hinnan suhteellinen kehitys ja kuluttajahintojen muutos  
1992–2018. Indeksi 1992=100, vuosikeskiarvo



Kuva 1. Sähkön hinnan suhde kuluttajahintaindeksiin [5].

Sähkön hinta muodostuu sähkön myynnistä, siirtomaksuista ja veroista, jotka voidaan jakaa arvolisäveroon ja sähköveroon. Kuvassa 2 on esitetty sähkön kokonaishinnan jakaantuminen kotitalousasiakkaalle, jonka pääsulakekoko on 3 x 25 A, käytössä on yleis-sähkö ja sähkön vuosikulutus on 5 000 kWh. Hinnat ja verot on laskettu 1.1.2015 tilanteen mukaan [6].



Kuva 2. Sähkön kokonaishinnan jakaantuminen [6].

Paikallinen sähköverkkoyhtiö, joka omistaa alueen jakeluverkon, vastaa sähkönsiirrosta. Sähkön siirtohintaa ei voi kilpailuttaa, mikä voi aiheuttaa ylihinnoittelua. Ylihinnoittelun välttämiseksi Energiamarkkinavirasto valvoo siirtohinnan kohtuullisuutta. Sähköstä maksetaan myös veroja. Paikallinen sähköverkkoyhtiö laskuttaa sähköveron sähkön siirtohinnan yhteydessä. Arvonlisävero peritään sähköenergiasta, sähkön siirrosta, sähköverosta ja huoltovarmuusmaksusta. Arvonlisän suuruus on 24 prosenttia 1.1.2013 alkaen. Tässä työssä käytetään sähkön hintana 14 c/kWh, summa sisältää sähkömaksun, siirtomaksun ja verot. [6.]



### 3 Kohteen kuvaus

#### Asuintalo

Kohdekiinteistönä on kuvassa 3 näkyvä omakotitalo ja samaan kiinteistöön kuuluva autotalli. Talon rakennus on aloitettu vuonna 1995, ja se on lopputarkastettu vuonna 2000. Talo on niin sanottu rinnetalo, eli alempi kerros on toiselta puolelta maan alla. Talo on perustettu maanvaraisten anturoiden ja harkkoperusmuurin varaan. Alemman kerroksen seinämateriaalina on Leca-harkoista muuratut seinät, jotka on pinnoitettu rouherappauksella. Kerrosten välisen kiviaineisrakenteisen välipohjan jälkeen rakenne jatkuu puurunkoisena ja tiiliverhottuna. Eristeenä seinissä on 125 mm:n vuorivivilla. Puurakenteisessa yläpohjassa on 60 cm vuoripuhallusvillaa, jonka yläpuolella on 20 mm<sup>2</sup>:n lastulevypohjainen käyttöullakko. Harjakaton vesikatteena toimii Omrax-kattotiili. Rakennuksessa on lämmitysmuotona suorasähkölämmitys sekä kolme tulisijaa, puukiuas ja molemmissa kerroksissa varaavat takat. Ilmanvaihto on toteutettu koneellisesti.



Kuva 3. Asuinrakennus.

Huoneala rakennuksessa on 182 m<sup>2</sup>, neliöt jakautuvat tasaisesti molempiin kerroksiin. Alakerroksessa sijaitsee takkahuone ja kodinhoitohuone, joista molemmista on myös kulku ulos, sekä makuuhuone, wc, pukuhuone, kylpyhuone, sauna ja ikkunaton askarteluhuone. Kerrosten välillä on umpinaiset, ovella varustetut rappuset. Yläkerroksessa on kaksi makuuhuonetta, olohuone, keittiö, wc ja eteinen. Talon pääovi sijaitsee eteisessä ja terrassin ovi olohuoneessa.

#### Autotalli

Autotallin huoneala on 60 m<sup>2</sup> ja sisäkorkeus 3,65 m. Talli on puurunkoinen, puuverhoiltu sekä tiilikattoinen. Eristeenä on seinissä 125 mm:n vuorivilla ja yläpohjassa 60 cm vuoripuhallusvillaa. Tallissa on yksi 80 cm leveä käyntiovi ja nosto-ovi, joka on 3,2 m leveä ja 3,3 m korkea (kuva 4). Tallin lämmitys on toteutettu öljy käyttöisellä ilmapuhaltimella. Ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti.



Kuva 4. Autotalli.

## Rakenteellinen kunto

Kiinteistöön on tehty kuntotarkastus vuonna 2013, ja siinä rakennuksen yleiskunto on todettu hyväksi. Tarkastuksen jälkeen asuntoon on tehty useita remontteja, esim. yläkerta on remontoitu kaikkien pintamateriaalien sekä wc:n ja kylpyhuoneen osalta aina vesieristeitä myöten kokonaan. Alakerrasta on remontoitu takkahuone, kodinhoitohuone, wc, pukuhuone ja sauna täydellisesti. Remonttien yhteydessä valaistus on kodinhoitohuoneen, yläkerran wc:n ja saunan osalta päivitetty LED-valoilla toimivaksi. Ulkovaloissa on vanhojen hehkulamppujen tilalle vaihdettu energiansäästölamput, joiden huonona puolena on hidas syttyminen ja heikko valoteho.

## 4 Kiinteistön energiankulutus

### 4.1 Sisäilmasto

Sisäilmasto on laaja käsite ja se sisältää paljon eri asioita. Tässä työssä sisäilmastolla tarkoitetaan lämpötilasta, ilmankosteudesta, ääniympäristöstä ja hiilidioksiditasosta koostuvaa kokonaisuutta. Hyvä sisäilmasto on rakennusten käyttäjien kannalta merkityksellinen, sillä se vaikuttaa rakennuksessa viihtymiseen, jaksamiseen ja terveyteen. Sisäilmasto voidaan olettaa olevan hyvä, kun siihen ei kiinnitä mitään huomiota. Jos taas rakennuksessa oleskellessa ilmenee esim. väsymystä, huonovointisuutta, hajuja, vedon tunnetta tai liian korkeaa taikka matalaa lämpötilaa, voi sisäilmastossa olla parannettavaa. Hyvä sisäilmasto on myös rakenteiden kannalta merkityksellinen, sillä esim. liian korkea kosteus voi aiheuttaa vaurioita rakenteille.

### 4.2 Ilmanvaihto

Hyvän sisäilmaston edellytyksenä on toimiva ilmanvaihto. Ilmanvaihto voi olla toteutettu joko painovoimaisesti, koneellisesti tai näiden yhdistelmällä. Ilmanvaihdon tehtävänä on johtaa rakennukseen puhdasta ilmaa ja poistaa siitä jo käytetty hiilidioksidipitoinen ilma. Poistoilman mukana poistuu myös kosteutta sekä sisäilman epäpuhtauksia. Ylimääräisen kosteuden poisto rakennuksesta on tärkeää, ettei erilaisille homeille muodostuisi otollisia kasvuolosuhteita. Hyvässä ilmanvaihdossa raitis ilma johdetaan olo- ja makuuhuoneisiin, sekä jos rakennuksessa on tulisijoja, niin niille tehdään mahdollisesti omat korvausilmaventtiilinsä. Poistoilma, jota myös toisinaan kutsutaan likaiseksi ilmaksi, poistetaan poistoilmaventtiilien kautta. Poistoventtiilit sijaitsevat ns. likaisissa tiloissa, kuten keittiössä, pesuhuoneessa, saunassa ja kodinhoituhuoneessa. Rakennusten jokaisessa tilassa on oltava vähintään yksi ilmanvaihtoventtiili, tilasta riippuen joko tulo- tai poistoilmaventtiili. [7.]

Nykyaikaisissa ilmastokoneissa on lämmöntalteenotto (LTO). Lämmöntalteenotolla tarkoitetaan sellaista ominaisuutta, jolla lämpimästä poistoilmasta otetaan talteen sen sisältämä lämpöenergia, jolla lämmitetään kylmää tuloilmaa. LTO:n toiminta perustuu lämmönsiirtimen läpi virtaavien aineiden lämpötilaeroihin. Näin saadaan parannettua

ilmavaihdon energiatehokkuutta. Koneellista ilmanvaihtoa ei pidä koskaan sammuttaa, ei edes silloin kun rakennus on tyhjillään. Sen tehoa voi ja myös kannattaa säätää käytön mukaan, esim. jos rakennus on lomareissun ajan tyhjillään, kannattaa ilmavaihtokoneen puhallintehoa säätää pienemmälle. Vastaavasti jos on tiedossa runsasta saunomista, kannattaa ilmanvaihtoa säätää tehokkaammalle. [7.]

#### 4.3 Lämmitys

Rakennusten lämmitys vie kokonaisenergian kulutuksesta Suomessa noin 27 prosenttia ja asuin rakennuksissa lämmitys vie jopa 66 prosenttia kokonaisenergian kulutuksesta [8]. Rakennuksen käyttökustannuksien ja asumismukavuuden kannalta lämmitys onkin avainasemassa. Lämmitysjärjestelmän koostuminen voidaan jakaa eri osa-alueihin, lämmönkehityslaitteisiin esim. lämpöpumppu ja pellettikattila, lämmön varastointiin esim. betonilattia ja vesivaraaja, lämmönjakojärjestelmään esim. lattialämmitys ja vesikiertoiset patterit sekä ohjaus- ja säätölaitteisiin. Näistä osa-alueista valitaan tarpeiden mukaan paras ratkaisu omien tarpeiden mukaan. Lämmitysjärjestelmän kustannukset jakautuvat rakennusvaiheen investointien, vuotuisten energiakustannuksien, kiinteiden vuotuisten perusmaksujen sekä huolto ja korjauskulujen kesken. Lämmitysjärjestelmät voidaan toimintaperiaatteen mukaan jakaa kuiviin ja märkiin lämmönjakojärjestelmiin. [9.]

##### Kuivat lämmönjakojärjestelmät

Kuvista lämmitysjärjestelmistä puhutaan silloin kun lämmitysjärjestelmässä ei ole käytössä vesikiertoista lämmönjakojärjestelmää. Takka, sähkölämmityspatteri, sähkökaapelilämmitys ja ilmalämpöpumppu ovat kuivia lämmitysjärjestelmiä. Ilmalämpöpumppu ja takka soveltuvat käytännössä vain rakennusten tukilämmitysmuodoiksi. Kuivia lämmönjakojärjestelmiä käytettäessä käyttövesi lämmitetään lämminvesivaraajalla, jonka koko pientaloissa on yleensä n. 200–300 litraa. Lämmitys tapahtuu sähkövastuksella, jonka teho on n. 1,5–3 kW. Käyttövesi pidetään 55–80 °C, jolloin ei ole riskiä Legionella-bakteerista, sillä se kuolee muutamassa minuutissa yli 60 °C lämpötilassa. [9.]

## Vesikiertoiset lämmönjakojärjestelmät

Vesikiertoisessa lämmönjakojärjestelmässä lämpöä johdetaan tiloihin veden avulla, joko vesikiertoisilla lämpöpattereilla, vesikiertoisella lattialämmityksellä tai puhallinkonvektorin avulla. Lämmin vesi kytketään puhallinkonvektoriin samoin kuin pattereihin, jonka jälkeen sen läpi puhalletaan ilmaa ja näin lämpö leviää haluttuihin tiloihin. Lämmin käyttövesi tuotetaan vesikiertoisessa systeemissä usein samalla järjestelmällä kuin lämmitysenergiakin. Vesikiertoisen järjestelmän etuna on erilaisten lämmönlähteiden helppo vaihdettavuus, esim. öljylämmitteisen järjestelmän voi korvata maalämmöllä. [9.]

## Ilmakiertoiset lämmönjakojärjestelmät

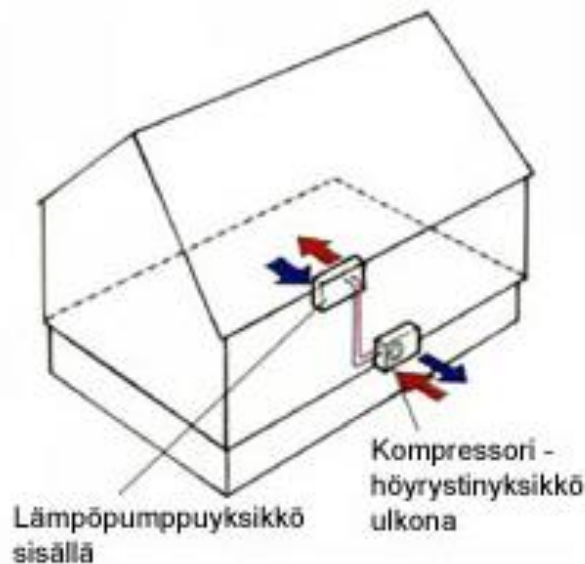
Lämmön jakaminen voidaan toteuttaa myös ilmanavien kautta. Ilmakiertoisen lämmityksen etuja on riskittömyys, verrattuna vesikiertoisen järjestelmän mahdollisiin vuotoihin sekä tarkka lämmityksen säätäminen. Haittapuolena on ilman tehottomampi lämmönsiirtokyky verrattuna veteen, jolloin tarvitaan suuria ilmanakanavia ja tehokasta puhallinta. [9.]

## Ilmalämpöpumput

Suomen yleisin lämpöpumppu on ilmalämpöpumppu. Se sopii asuntoihin, mökkeihin, autotalleihin ja toimistoihin sekä lämmittämään että viilentämään ilmaa. Ilmalämpöpumput eivät sovellu talojen päälämmönlähteiksi, sillä niiden tuottama lämmitysteho ei välttämättä riitä kovien pakkasten aikana pitämään asuntoja tarpeeksi lämpimänä. Ne toimivat varsinaisen lämmitysjärjestelmän rinnalla ja säästävät näin lämmityskustannuksia. Kesällä ilmalämpöpumpuilla voidaan parantaa asumisen viihtyvyyttä, ne poistavat liian kosteuden sekä viilentävät ja parantavat sisäilman laatua.

Ilmalämpöpumppu sisältää kaksi yksikköä, sisä- ja ulkoyksikön. Kompressorin sijaitsee ulkoyksikössä ja ohjauselektroniikka sisäyksikössä, sekä molemmissa yksiköissä on lämmönvaihtimet. Toiminta perustuu kylmätekniikkaan, jossa ulkona olevaa lämpöenergiaa siirretään asuntoon tehostaen samalla sisäilman kiertoa. Ilmalämpöpumppu käyttää ilmassa olevaa lämpöenergiaa, jota siirretään sekä ulos että sisälle. Sisäyksikön avulla siirtyy ilma tasaisesti asuntoon, jolla voidaan saada energian kulutusta pienemmäksi. Kuvassa 5 on havainnollistettu lämpöpumppuyksikköjen sijoittelua. Ulkoyksikön

sijoittamisessa pitää huomioida jääpuikkojen muodostuminen ja sijoittaa yksikkö tarpeeksi korkealle maan pinnasta. Sisäyksikön sijoittelussa pyritään sellaiseen paikkaan, mistä ilma pääsee parhaiten leviämään tasaisesti joka puolelle ja koneen aiheuttamat äänet eivät häiritse. [10.]



Kuva 5. Ilmalämpöpumpun yksiköiden sijoittelu [10].

Ilmalämpöpumppu vähentää myös huoneilmassa olevaa pölyä, hajuja ja erilaisia bakteereja. Sähköenergiaa kuluu ilmalämpöpumpussa kompressorin ja puhallinmoottoreiden pyörittämiseen. Energia siirtyy sisältä ulos ja päinvastoin kylmäaineen avulla. Tämä on huomattavasti edullisempaa kuin esimerkiksi lämpöpattereiden käyttö. [10.]

Ilmalämpöpumppujen yksi tärkein tekijä on COP-arvo (Coefficient of Performance) joka ilmaisee laitteen hyötysuhteen. Esimerkiksi merkintä COP 6 tarkoittaa, että 1 kW sähköenergiaa tuottaa 6 kW lämpötehoa. [10.]

Valittaessa kohteeseen ilmalämpöpumppua pitää ottaa huomioon lämmitettävän alueen pinta-ala ja talon muoto sekä energialuokka eli eristys, tiiveys, ilmanvaihto, ikkunat jne. Pääsääntöisesti 1 kW riittää noin 30 neliömetrin lämmitykseen sekä noin 20 neliömetrin jäähdytykseen. Sadan neliön taloon tarvitaan siis vähintään 3,2 kW tehoinen ilmalämpöpumppu. [10.]



## Tulisijat

Puu on hyvä polttoaine lämmitykseen, se on uusiutuvaa ja sitä on saatavilla kotimaisena. Puun käyttäminen lämmitykseen ei kiihdytä ilmastonmuutosta, sillä puut sitovat kasvaessaan ilmakehän hiilidioksidia saman määrän kuin niiden polttamisessa vapautuu. Paras lämpöhyöty saadaan massiivisilla, varaavilla tulisijoilla, niiden suuren massaansa varastoitunut lämpöenergia leviää huonetiloihin pitkään ja tasaisesti. Hyvän, oikein käytetyn varaavan tulisijan, hyötysuhde on jopa 80–85 prosenttia. Oikeassa käytössä on oleellista polttaa pesällinen puita kerralla tehokkaasti ja puhtaasti. Tulisijojen käytöllä voidaan saada yli kolmasosa omakotitalon lämmitystarpeesta. Tulisijojen käyttämisellä voidaan vähentää ostettavan lämmitysenergian määrää eniten kovien pakkasten aikana, kun ilmalämpöpumppujen hyötysuhde heikkenee. Varaavilla tulisijoilla on myös suuri merkitys huoltovarmuuden kannalta, niillä voidaan pitää asunnot lämpiminä mahdollisten sähkökatkosten aikana. [11.]

## 4.4 Valaistus

Valaistuksen osuus kaikesta käytetystä sähköstä Suomessa on noin 10 prosenttia. Valaistuksen osuus kiinteistökohtaisesta kokonaiskulutuksesta vaihtelee muutamasta prosentista kymmeneen prosentteihin. Joissakin kohteissa se voi olla todella suuri, esim. sairaaloissa jopa 33 prosenttia, koska valaistus on päällä ympäri vuorokauden. Valaistuksen energiankulutukseen vaikuttaa moni seikka, esim. valaisin, valonlähde, valaisimien sijoittelu sekä ohjaustekniikka. Hyödyksi saatavaan valon määrään vaikuttaa lisäksi sisäpintojen väri, valaisimien likaantuminen sekä valonlähteen tehon heikkeneminen. Tarvittavaan valon määrään vaikuttaa myös luonnonvalon määrä sekä käyttökohteessa tarvittava valon määrä. Erikohteiden valaistuksen minimivaatimukset löytyvät standardista SFS-EN 12464-1 (Sisävalaistusstandardi). Hyvän valaistuksen tunnusmerkkejä on energiatehokkuus, ympäristöystävällisyys ja muunneltavuus, jos tilojen käyttötarkoitus muuttuu. [12.]

Suomalaisissa kodeissa on keskimäärin 20–60 lamppua. Pienillä yksinkertaisilla keinoilla valaistuksen kuluttamasta energiasta voidaan säästää 15–20 prosenttia ja samalla valaistus jopa paranee. Tällaisia keinoja on esim. vaihtaa energiasäästölamput hehku-lamppujen tilalle, sammuttaa valot, kun niitä ei tarvita, käyttää ajastimia, himmentimiä ja



liiketunnistimia sekä siirtyä käyttämään enemmän led-valaisimia. Vielä 2000-luvun alkupuolella valaistuksen osuus taloussähköstä oli noin 22 prosenttia [13, s. 127]. Nykyaikainen valaistus, jossa LED-valot ovat korvanneet lähes kokonaan muut valonlähteet, on huomattavasti vähemmän energiaa kuluttavaa kuin vanhat valonlähteet, esim. hehku- ja halogeenilamput. Valonlähteiden parantumisen ansiosta nykyaikaisen talon valaistuksen osuus taloussähköstä on alle 10 prosenttia. [14.]

#### 4.5 Käyttäjien kulutustottumukset

##### Lämmitys

Kiinteistöjen käyttäjät voivat kulutustottumuksillaan vaikuttaa siihen, kuinka paljon energiaa kuluu. Sähkölämmitteisessä omakotitalossa lämmityksen osuus käytetystä sähköstä on yli puolet, joten lämmityksen järkevään käyttöön kannattaa panostaa. Välttämällä ali- tai yllilämmitystä energiaa säästyy sekä mukavuus paranee, kun lämpötilat erot pienenevät. Huonekohtaisilla termostaateilla voidaan optimoida joka huoneeseen oikea lämpötila, esim. makuuhuoneissa unenlaatua voidaan parantaa ja energiaa säästää tiputtamalla lämpötilaa yöksi. Yhden asteen lämpötilan tiputus pienentää energiankulutusta viisi prosenttia. Lisäksi lämmityksessä erilaisten lämpöpumppujen ja yösähkön hyödyntäminen on kannattavaa.

##### Käyttöveden kulutus

Käyttöveden lämmitys on seuraavaksi suurin sähkön kuluttaja, joten lämpimän veden käyttöä on syytä yrittää pienentää. Keskimäärin vettä kulutetaan 140 litraa vuorokaudessa asukasta kohden. Lämpimän veden osuus kaikesta kulutetusta vedestä on noin 40 prosenttia. Suihkussa lämpimän veden osuus on jopa 60 prosenttia. Suihkussa vietettyä aikaa kannattaakin yrittää pienentää, sillä esim. 20 minuutin suihku päivässä maksaa 600 euroa vuodessa, kun taas viiden minuutin suihku maksaa 150 euroa vuodessa. Lämminvesivaraajan lämpötilaksi riittää 55 °C tai maksimissaan 60 °C. Varaajan lämpötilan tiputus 80 °C:sta 60 °C:een, vähentää varaajan lämpöhäviöitä 80 prosenttia. Käyttöveden painetta alentamalla voidaan myös vähentää veden kulutusta. Painetta voidaan alentaa esim. paineenalennusventtiilillä tai kalusteilla, joiden virtaama on pienempi. [15.]

## Kodin laitteet

Uudet laitteet kuluttavat yleensä vähemmän energiaa kuin vanhat laitteet. Taulukossa 1 on esitelty keskimääräisiä energiankulutuksia osa-alueittain. Uusista kylmälaitteista, pyykinpesukoneista, astianpesukoneista, sähköuuneista ja ilmastointilaitteista löytyy EU:n direktiivien ansiosta energiamerkinnät, joiden avulla on helppoa valita energiatehokas laite korvaamaan vanhoja laitteita, kun uusiminen tulee ajankohtaiseksi. Direktiivi ei koske kaikkia kodin sähkölaitteita, esim. tietokoneista ja kodin elektroniikasta ei vielä tarvitse energiamerkkejä löytyä.

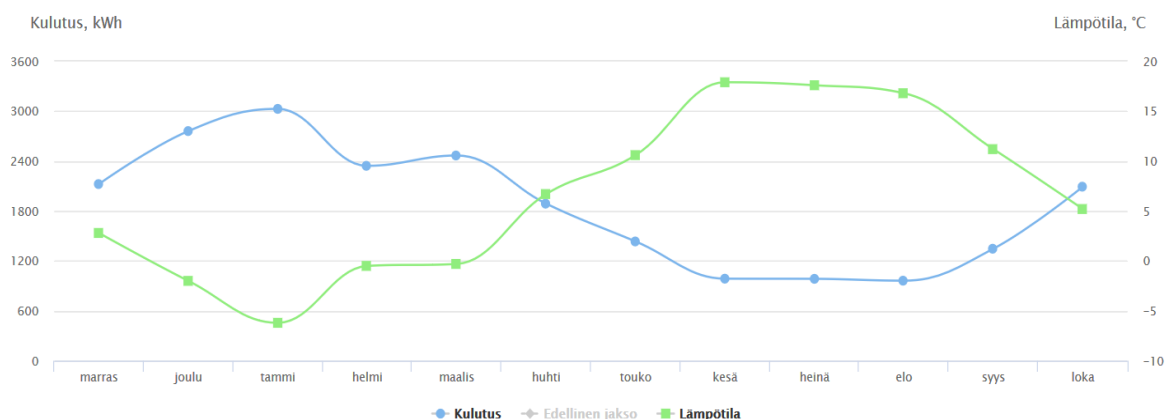
Taulukko 1. Sähkölämmitetty omakoti- tai rivitalokoti, tavallinen varustelutaso (120 m<sup>2</sup>, neljä henkilöä) [16].

	Kulutus kWh/vuosi
Lämmitys	9 600
Veden lämmitys	3 600
Kylmälaitteet	600
Kiuas	1 000
Ruoanvalmistus ja astianpesu	680
Kodin elektroniikka	700
Pyykinpesu ja -kuivaus	600
LVI-laitteet	600
Auton lämmitys	400
Muu kulutus	700
Yhteensä vuodessa	18 480

Kodin elektroniikka voi olla yllättävän suurikin energian kuluttaja. Esim. tietokone voi vuositasolla kuluttaa yhtä paljon sähköä kuin sähkökiuas [13, s. 132]. Tästä syystä onkin hyvä muistaa sammuttaa laitteet silloin kun niitä ei käytetä.

## 5 Kohteen energian kulutus

Vuotuinen sähkönkulutus on tarkastelujaksolla 1.11.2018–31.10.2019 ollut 22 421 kWh. Kohteessa ei ollut mahdollisuutta todellisiin energian mittauksiin, pois lukien ilmanvaih- tokoneen tehon mittaus. Energiankulutuksen arvioinnissa on käytetty laitekohtaisia arvi- oita (taulukko 1) sekä oletusta, että lämmitys vie 52 prosenttia kokonaisenergian kulu- tuksesta [16.]



Kuva 6. Sähkön kulutus kWh, ajanjaksolla 1.11.2018-31.10.2019.

Kulutus- ja lämpötiläkäyristä havaitaan selvästi lämpötilan vaikutus kokonaiskulutuk- seen. Kuukausikohtainen vaihtelu riippuu pitkälti ulkolämpötilasta, esim. vuonna 2019 tammikuussa sähkönkulutus oli 3027 kWh, kun keskilämpötila oli -5 °C ja pienin kulutus 963 kWh oli elokuussa vuonna 2019, jolloin keskilämpötila oli 17 °C. [17].

### Lämmitys

Asuintalossa lämmitys on toteutettu suoralla sähkölämmityksellä ja sitä tukemassa on yksi ilmalämpöpumppu yläkerrassa sekä tulisijat ala- ja yläkerrassa. Tulisijoja ei ollut käytetty tarkasteluajanjaksolla, joten ne eivät vaikuttaneet sähkönkulutukseen. Arvioitu lämmityksen osuus kokonaisenergiankulutuksesta on 52 prosenttia, joka on noin 11 700 kWh vuodessa [16].

## Käyttöveden lämmitys

Läminvesivaraajan keskimääräinen sähkönkulutus on noin 20 prosenttia kokonaiskulutuksesta, eli neljän henkilön taloudessa noin 3 600–6 000 kWh, lähteestä riippuen [9; 16]. Mikä on 900–1 500 kWh vuodessa jokaista henkilöä kohden. Kohteessa asuu neljä henkilöä, joilla on erilaiset suihkussa käynti tavat, joten kulutus on arvioitu henkilökohtaisesti. Yhden aikuisen henkilön vuotuiseksi kulutukseksi on arvioitu 1 200 kWh/vuosi, koska hän käy päivittäin kuumassa suihkussa ja siihen käytetty aika on pitkä. Toisen taloudessa asuvan aikuisen henkilön kulutukseksi on arvioitu 900 kWh/vuosi, koska hän ei käy päivittäin suihkussa ja keskimääräinen suihkussa vietetty aika on lyhyt. Taloudessa asuville lapsille on arvioitu kulutukseksi yhteensä 1 600 kWh/vuodessa, koska he käyvät harvoin suihkussa, mutta keskimääräinen kesto on kohtuullisen pitkä. Talouden vuotuinen kokonaisenergian kulutus lämmitetyn veden osalta on noin 3 700 kWh/vuosi.

## Taloussähkö

Taloussähköllä tarkoitetaan sähkönkulutuksen osuutta, joka ei sisällä lämmitystä eikä käyttövedenlämmitystä. Lämmityksen osuus sähkölämmitteisen omakotitalon lämmityksestä on n. 52 prosenttia, käyttövedenlämmitys noin 20 prosenttia ja taloussähkö 28 prosenttia [6]. Tutkimuksen kohteena olevassa kiinteistössä taloussähköosuus on n. 31 prosenttia, joka on n. 7 000 kWh vuodessa.

## Valaistus

Kiinteistö on rakennettu vuonna 1995, jolloin ei markkinoilla vielä ollut LED-valoja saatavilla, joten siinä on käytetty loisteputkia ja halogeenivaloja valonlähteinä. Tämän aikakauden talojen keskimääräinen valaistuksen osuus taloussähköstä on noin 22 prosenttia [13, s. 127], joka on tässä työssä noin 1 554 kWh vuodessa. Nykyaikaisilla energiatehokkailla valaisimilla valaistuksen kokonaisenergian kulutus on noin 10 prosenttia taloussähköstä [14].

## Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokoneen sähkönkulutus mitattiin energiamittarilla EM111-DIN 1-VAIHE-A-Collection, joka asennettiin ryhmäkeskukseen IV-koneen automaattisulakkeen tilalle. Mittaus toteutettiin kahdessa osassa, molempien tarkastelujaksojen kesto oli yksi viikko. Ensimmäinen mittaus toteutettiin puhaltimen ollessa ns. normaalilla teholla, joka on puhaltimen teho kaksi ja toinen jakso puhaltimen ollessa teholla kolme. Tehokkaampaa asetusta on järkevää käyttää, kun asunnon kosteusrasitus on korkea, esim. saunottaessa runsaasti. Taulukosta 2 havaitaan, että varsinkin käytettäessä tuloilman esilämmitystä, kasvaa sähkön kulutus runsaasti.

Taulukko 2. IV-koneen mitatut ja lasketut tulokset.

IV-Koneen asetukset	Tehonkulutus viikossa (kWh)	Tehonkulutus vuodessa (kWh)	Kulutetun sähkön hinta vuodessa (€)
<b>Teho 2</b>	14,2	739,9	104
<b>Teho 3</b>	23,8	1237,6	173
<b>Teho 2 ja 500 kW lämmitys</b>	98,20	5106,59	715
<b>Teho 3 ja 500 kW lämmitys</b>	119,84	6231,68	872

Mitatuista arvoista selviää, että IV-koneen tehonkulutus on keskiarvojen mukainen noin 3,3 prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta, joka on noin 750 kW [16]. Työn suurin ylätys oli, kun selvisi, ettei kiinteistön omistaja tiennyt tuloilman esilämmityksestä mitään. Esilämmitys oli säädetty 20 °C:seen ja 500 kW:n lämmitysteholle, jäi epäselväksi, kuinka

kauan kyseiset asetukset olivat olleet päällä. Jää nähtäväksi, miten IV-koneen oikeanlainen käyttö vaikuttaa energian kulutukseen tulevaisuudessa.

### Lämmitysöljyn kulutus

Autotallin lämmitys on toteutettu öljylämmityksellä. Öljyn keskimääräinen vuotuinen kulutus on noin 953 litraa vuodessa. Öljyn kulukseen vaikuttaa mihin lämpötilaan termostaatti on säädetty ja kuinka usein ovia, varsinkin nosto-ovea avataan. Kyseisessä tapauksessa lämpötila on säädetty 10 °C:seen, joka riittää hyvin autotallissa suoritettaviin toimintoihin. Tallissa ei säilyte säännöllisesti autoa, joten nosto-ovea joudutaan avaamaan harvoin.

Tässä työssä käytetään alla olevan taulukon 3 vertailusta saatua keskimääräistä litrahintaa, kun tilauksena on tuhat litraa, Nesteen litrahinnassa on otettu huomioon toimituskulut.

Taulukko 3. Lämmitysöljyn hintavertailu.

Toimittaja	Tuotenimi	Hinta €/l	Toimituskulut €
Lämpöpuisto	Shell Termo City	0,98600	0
Neste	Tempera	0,94650	50,0
ST1	Opti kesä	0,98382	0
Teboil	Motor/Lämmitys	0,98220	0

Lämmitysöljyn keskihinta on 0,987 €/l. Hinnat on saatu yrityksen verkkosivuilta marras-  
kuussa 2019, kun toimituspaikaksi oli valittuna Sipoo. Autotallin lämmitysöljyn vuosikus-  
tannus on kaava yhdellä laskettuna 941 €.

$$Vk_{\text{o}} = Kh \times K_{\text{o}} = 0,987 \frac{\text{€}}{\text{l}} \times 953 \text{ l} \quad (1)$$

*Vk<sub>o</sub> on öljylämmityksen vuosikustannus, €*

*Kh on lämmitysöljyn keskihinta, €/litra*

*K<sub>o</sub> on kulutetun lämmitysöljyn määrä vuodessa, litra*

#### Autotallin sähkönkulutus

Autotallin valaistuksena on 1x58 W:n T8 -loisteputket, joita oli yhteensä 6 kpl, sekä työ-  
pistevalaisimena on 1x18 W:n loisteputki. Kattovalaisimien energiankulutus liitäntälait-  
teen kanssa 0,06 kWh/h ja työpisteen 0,02 kWh/h. Arvioitu valaistuksen käyttöaika on  
vain kaksi tuntia viikossa, 104 tuntia vuodessa. Edellä mainituilla lähtöarvoilla saadaan  
laskettua valaistuksen energiankulutus vuodessa, joka on 40 kWh. Öljypolttimen ener-  
giakulutus vuodessa on noin 200 kWh. Tallissa on 50 litran lämminvesivaraaja, jonka  
vuotuinen sähkönkulutus on noin 400 kWh. Autotallin vuotuinen sähkön kokonaiskulutus,  
ilman käyttölaitteita on noin 640 kWh. Tallissa ei oltu juurikaan käytetty käyttölaitteita  
kuluneella tarkastelujaksolla, joten niiden osuus on ollut merkityksetön loppukulutuk-  
sessa. [18.]

## 6 Muutosehdotukset

### 6.1 Lämmityksen muutokset

Lämmityksen osuus kiinteistön kokonaisenergian kulutuksessa on noin 52 prosenttia, joten sen muutoksilla on saatavissa suurin hyöty kiinteistön kulutuksesta [6]. Helpoin keino on pudottaa lämpötilaa yhdellä asteella, sillä saadaan noin viiden prosentin säästö lämmityskuluihin. Kiinteistön omistajan kertoman mukaan, lämmityksen pienentäminen ei mukavuus syistä ole enää mahdollista. Lämmitykseen käytetyn energian määrä on monen tekijän summa, joten seuraavassa käydään lämmityksen osa-alueita tarkemmin läpi.

Ilmavaihdossa asukkaiden on kiinnitettävä huomiota IV-koneen tehon muutoksiin, eri käyttöolosuhteiden mukaan. Aikaisemmin IV-konetta on pidetty liian paljon teholla kolme sekä tuloilman esilämmitystä on pidetty tarpeettomasti päällä. Oikeanlaisella käytöllä voidaan varovaisesti arvioiden saada säästöä puolet tehon kaksi ja tehon kolme välisestä eroista, joka on noin 250 kWh ja 35 € vuodessa.

#### Yösähkön hyödyntäminen

Yösähköä voidaan hyödyntää parhaiten lämmityksessä. Ryhmäkeskuksessa on yösähköohjaus lämmitykselle, kun se on päällä, lämmitys tapahtuu vain halvemman yösähkön aikana. Yösähköohjausta hyödyntämällä voidaan kohteen lämmitys hoitaa halvemmalla yösähköllä, pois lukien ilmalämpöpumpun kuluttama sähkö, sillä sitä ei ole kytketty yösähköohjauksen piiriin. Kohteen verkkoyhtiönä on Sipoon Energia Oy, joka hinnoittelee eri lailla yö- ja päiväaikaan siirretyn sähkön. Yösähkön siirtohintaa on 2,20 c/kWh ja päivänsähkön siirtohintaa 3,20 c/kWh (hinnat Sipoon Energia Oy verkkosivut, marraskuu 2019) Yösähkön tuomat säästöt kohteen siirtolaskuissa, kun sen osuus kokonaiskulutuksesta on noin 50 prosenttia, on 110 € vuodessa.

Kiinteistön sähkösopimus on tällä hetkellä Nordic Green Energyn kiinteähintainen sopimus, jossa kuukausimaksu on 3,80 €/kk ja kulutushinta 5,92 c/kWh. Sähkösopimuksen vertailun jälkeen (kuva 7), säästöjä voisi vuodessa saada 203 €. Yösähkön tuomat säästöt kokonaisuudessaan ovat noin 300 €. Sähkösopimusten vertaileminen on helppoa



Internet-sivuilla, esim. kilapiluttaja.fi sivustolla, tarvitsee vain syöttää ohjelmassa oleviin valikoihin kysyttäviä tietoja ja saa tarjouksen vaihtoehtoista. Kustannuslaskelmassa on eritelty sähkönmyynti, sähkönsiirto ja verot.

Säästölaskelma kokonaiskustannuksista				
Huomaa, että siirtomaksut ja verot eivät muutu myyjän vaihdon yhteydessä.				
Hinnat Sis. alv 24%	Sähkön myynti €/vuosi	Sähkön siirto €/vuosi	Sähköverot €/vuosi	Yhteensä €/vuosi
Tarjouksen mukaiset kustannukset	1159	974	621	2754
Nykyinen kustannuksesi	1362	974	621	2957
<b>Kustannusero €/v</b>	<b>-203</b>	----	----	<b>-203</b>

Kuva 7. Yösähkön hyödyntämisen säästöt sähkösojimuksessa [19].

#### Ilmalämpöpumppujen hyödyntäminen

Kohteessa on jo asennettuna yksi ilmalämpöpumppu yläkerrassa. Pumpun tehokkaassa käytössä pitää huomioida oikeat säädöt ja suodattimien puhtaus, näin siitä saadaan paras hyöty irti. Ilmalämpöpumpun lämpötila säädetään muita lämmönlähteitä korkeammalle, esim. 23 °C:seen ja pattereiden lämpötila 21 °C:seen, näin pumppu on aina päälämmönlähteenä niin kauan kun sen tuottama lämpö riittää pitämään huonelämpötilan haluttuna. Puhaltimen tehoa ei kannata rajoittaa, jotta lämmin ilma siirtyisi mahdollisimman tehokkaasti joka puolelle asuntoa, myöskin sisäovien aukipitäminen parantaa lämmön siirtymistä eri tiloihin.

Kohteen ylä- ja alakerran välissä on rappuset, joiden alapäässä on väliovi. Yläkertaan asennetun pumpun tuottama lämpö ei pysty lämmittämään alakertaa, joten sinne olisi kannattavaa asentaa toinen ilmalämpöpumppu. VTT:n tutkimuksessa on havaittu, että yksi ilmalämpöpumppu voi tuottaa 40–60 prosenttia kodin lämmitystarpeesta ja kaksi ilmalämpöpumppua jopa 90 prosenttia tarpeesta [20].

Alakertaan asennettavan ilmalämpöpumpun tuomien hyötyjen selvittämiseksi verrattiin kolmen eri laitevalmistajan malleja, taulukossa 4 on esitelty eri mallit. Näistä valittiin kohteeseen parhaiten sopiva, jonka hyödyistä tehtiin tarkempi analyysi.

Taulukko 4. Ilmalämpöpumppu vertailu.

Valmistaja	Mitsubishi Electric	Toshiba	Panasonic
Malli	MSZ-LN25VGW+ MUZ-LN25VGZ	RAS-25KVPD-ND+ RAS-25PAVPGND	CS-HZ25TKE+ CU-HZ25TKE
Hinta (€)	1350	1429	1399
Teho (kW)	3,2	3,2	3,2
COP-kerroin	6	4,3	3,8

Mitsubishi osoittautui parhaaksi vaihtoehdoksi, se oli vertailun halvin sekä ominaisuuksiltaan paras, hyötykerroin (COP) on vielä -30 °C:ssa kaksi, kun se Toshibaalla on samassa lämpötilassa 1,3 ja Panasonicilla alle yksi. Laitteen hintaan on lisättävä vielä asennuskulut, jotka ovat pääkaupunkiseudulla noin 750 €. [21].

Ilmalämpöpumpun investoinnin suuruus, asennus- ja hankintakuluineen on noin 2100 €. Ilmalämpöpumpun keskimääräinen sähkösäätö vuoden kuluksessa on noin 3 000 kWh [20]. Rahallinen säästö olisi 14 c/kWh hinnalla 420 € (kaava 2).

$$VS_{alak} = V_{es} \times S_{hin} = 3\,000 \text{ kWh/v} \times 0,14 \text{ €/kWh} \quad VS_{alak} = 420 \text{ €/vuosi} \quad (2)$$

$VS_{alak}$  on alakerran ilmalämpöpumpulla saatava vuosittainen säästö, €/vuosi

$V_{es}$  on ilmalämpöpumpun tuoma energiansäästö vuodessa, kWh/vuosi

$S_{hin}$  on sähkön hinta, €/kWh

## Takkojen käyttäminen

Varaavalla takalla voidaan keskimäärin säästää noin 2 000 kWh verran sähköä vuodessa, joka on euroissa noin 280 €. Halkoliiteri.com sivustolla olevan laskurin mukaan koivuklapeja pitää polttaa noin kaksi mottia, jotta saadaan aikaan noin 2 000 kWh sähkölämmitystä vastaava teho. Irtomotti koivuklapeja maksaa Uudellamaalla halvimmillaan noin 55 €, joten poltetun puun hankintahinnaksi tulee 110 €, johon lisätään keskimäärin 25 € toimituskulut. Säästöä varaavan takan avulla voidaan saada noin 145 € vuodessa. [22.]

## Ilmanvaihdon säätäminen

IV-koneen moottorin tehokkuuden säätäminen tarpeen mukaan on perusteltua. Silloin kun on tiedossa esim. saunomista, moottorin pyörimisnopeutta säädetään tehokkaammalle, eli asentoon kolme, kun se muuten pidetään asennossa kaksi. Lisäksi IV-koneen suodattimet on syytä pitää puhtaana puhdistamalla ne kahden kuukauden välein ja vaihtamalla uusin tarvittaessa. Pidettäessä IV-kone teholla kaksi suurimman osan ajasta vuodessa saadaan säästöä noin 70 € vuodessa.

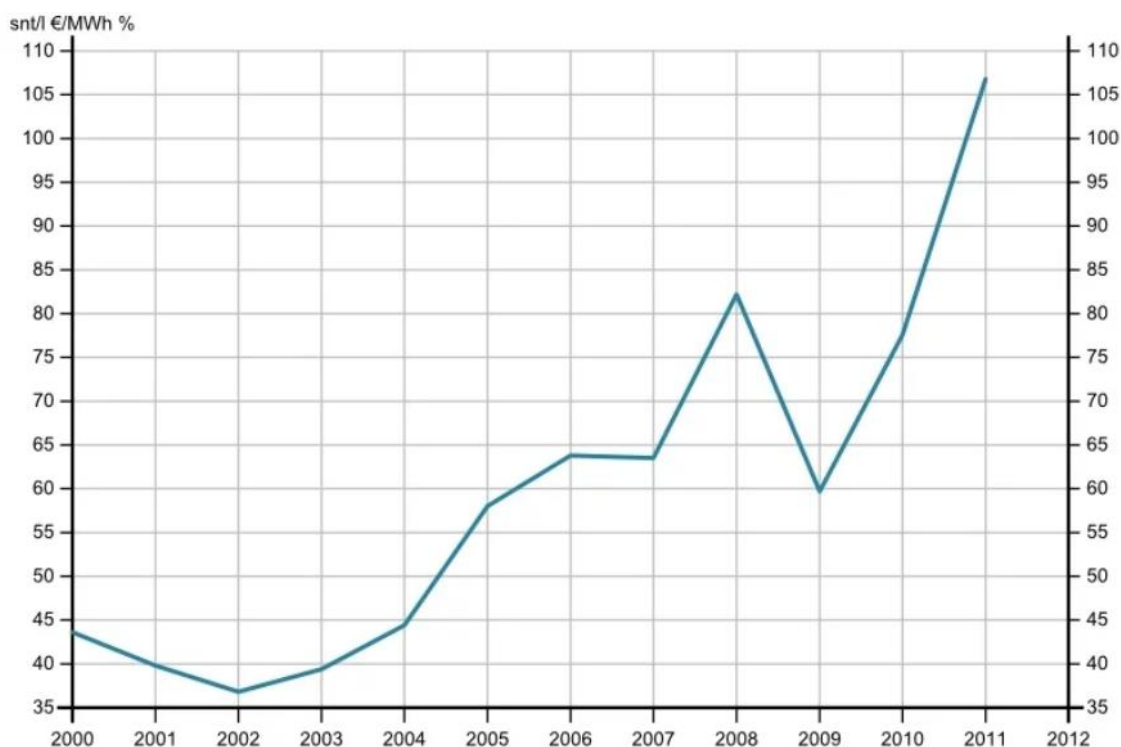
## 6.2 Valaistuksen muutokset

Valaistusta suositellaan päivittämään nykyaikaiseksi, vähemmän energiaa kuluttavaksi pikkuhiljaa. Palaneiden halogeenilamppujen tilalle on vaihdettava LED -lamput, sillä halogeenilamppujen valmistus ja maahantuonti on kielletty EU:n alueella 1.9.2018 alkaen. LED-lampun hankintahinta on noin kaksinkertainen halogeenilamppuun verrattuna, mutta sen energiankulutus on vain 14 prosenttia halogeenilampun kulutuksesta. Nykyisen valaistuksen sähkönkulutus on noin 1550 kWh, joka on 22 prosenttia taloussähköstä. Nykyaikaisen valaistuksen osuus on noin 10 prosenttia taloussähköstä, joka tarkoittaisi noin 850 kWh vähennystä energiankulutuksessa vuodessa. Talossa on remonttien yhteydessä jo uusittu osa valoista LED-valoiksi, joten valaistuksesta ei ole enää saatavissa suurta säästöä. Laskuissa valaistuksen mahdollista säästöä ei oteta huomioon.

### 6.3 Autotallin muutokset

Autotallin valaistuksen uusimien energiatehokkaisiin LED-valaisimiin, ei ole kustannuksiltaan järkevää, sillä niiden käyttömäärä on liian pieni. Valaisimien uusiminen kannattaakin vasta kun vanhojen käyttöikä loppuu. Tallin ulkopuolella olevan, hämäräkytkimellä ja liiketunnistimella varustetun 500 W:n halogeenivalaisimen hämäräkytkimen asetukset säädettiin toimimaan järkevämmiin, samalla kun valaistusta tutkittiin.

Tallin lämmityksen vaihtaminen sähkölämmitykseen öljyn sijaan, on yksi tulevaisuuden päivityksistä. Öljyn hinta tulee tulevaisuudessa todennäköisesti nousemaan kuvan 8 mukaisesti, joten öljylämmityksen rinnalle olisi järkevää asentaa ilmalämpöpumppu.



Kuva 8. Lämmitysöljyn hintakehitys 2000-luvulla [23].

Öljylämmityksen vuosikustannus on noin 940 €. Autotallin kokoisen tilan lämmitykseen tarvittava teho on noin 5,5 kW (kaava 3), jos kyseessä olisivat asuin tilat. Kohteen ollessa autotalli, jonka lämpötilana pidetään noin 10 °C ja säilytetään varalla öljylämmitys, ilmalämpöpumpun tehoksi riittää 3,2 kW. [24.]

$$\phi_{lt} = V \times \phi_A = 219 \text{ m}^3 \times 25 \text{ W/m}^3 \qquad \phi_{lt} = 5,475 \text{ kW} \qquad (3)$$

$\phi_{lt}$  on lämmitystehontarve, kW

$V$  on tilavuus,  $\text{m}^3$

$\phi_A$  on tarvittava lämmitysteho/kuutio,  $\text{W/m}^3$

Litrasta lämmitysöljyä saadaan noin 10 kWh -lämpöenergiaa, osa tästä energiasta kuluu häviöihin prosessissa. Litra lämmitysöljyä maksaa vajaan euron ja hinta tulee todennäköisesti tulevaisuudessa nousemaan. Sähkön hyötysuhde on vähintään yksi, lämpöpumpuilla usein enemmän ja kaikki sähköstä saatava energia muuttuu lämmöksi halutussa paikassa. Litralta lämmitysöljyä, joka maksaa noin euron, voidaan tuottaa käytännössä 8–9 kWh, sillä osa energiasta häviää häviöihin. Autotallin öljylämmityksen tehoksi saadaan noin 8 600 kWh/vuosi (kaava 4).

$$\phi_{\text{o}} = \dot{Q}_{kv} \times \eta = 953 \text{ l/vuosi} \times 9 \qquad \phi_{\text{o}} = 8\,577 \text{ kWh/vuosi} \qquad (4)$$

$\phi_{\text{o}}$  on öljylämmityksen teho, kWh

$\dot{Q}_{kv}$  on öljynkulutus vuodessa, litra/vuosi

$\eta$  on öljylämmityksen hyötykerroin

Vanhoilla öljykattiloilla ei tämän perusteella kannata tuottaa lämpöä, mikäli öljylitra maksaa euron tai enemmän. Uusilla paremman hyötysuhteen omaavilla kattiloilla lämmitysöljyn hinta saa nousta noin 1,19 euroon litralta, jonka jälkeen niillä lämmittäminen ei ole enää taloudellista. Ilmalämpöpumpuilla voidaan yhdellä sähköllä tuotetulla kilowattitunnilla saada lämpöä 4–5 kWh, riippuen laitteen hyötykertoimesta. Lämpöpumpulla tuotettu lämmitys maksaa noin 0,031–0,025 €/kWh. [25.]

Suoralla sähkölämmityksellä tallin vuosikustannus olisi noin 1 200 € (kaava 5), kun käytettynä energiamääränä on öljylämmityksen tuottama lämmitysteho. Suora sähkölämmitys ei siis ole varteenotettava vaihtoehto nykyisellä öljyn hinnalla.

$$V_{kss} = K_e \times S_e = 8577 \text{ kWh/v} \times 0,14 \text{ €/kWh} \qquad V_k = 1\,200 \text{ €/vuosi} \qquad (5)$$

$V_{kss}$  on suoran sähkölämmityksen vuosikustannus, €/vuosi

$K_e$  on käytetty energia vuodessa, kWh/vuosi

$S_e$  on sähkön hinta kilowattitunnilta, €/kWh

Autotallin öljylämmityksen voisi korvata ilmalämpöpumpulla, jolloin talliin asennettaisiin ilmalämpöpumppu ja öljylämmitys järjestelmä jätettäisiin varajärjestelmäksi kovien pakastin varalle. Ilmalämpöpumpun käyttämän energian vuosikustannus on noin 266 € (kaava 6), kun hyötykertoimen laskuissa on 4.

$$V_{k_{il}} = K_e \times k = 8577 \text{ kWh/vuosi} \times 0,031 \text{ €/kWh} \quad V_{k_{il}} = 266 \text{ €/vuosi} \quad (6)$$

$V_{k_{il}}$  on ilmalämpöpumpun vuosikustannus, €/vuosi

$K_e$  on käytetty energia vuodessa, kWh/vuosi

$k$  on kerroin kun lämmitykseen käytetään ilmalämpöpumppua, €/kWh

Jos autotallin lämmitys toteutettaisiin ilmalämpöpumpulla, saatu vuosisäästö olisi noin 675 € (kaava 7), verrattuna nykyiseen öljylämmitykseen. Saatu säästö on merkittävän suuri jopa noin 70 prosenttia.

$$V_{S_{Talli}} = V_{k_{\delta}} \times V_{k_{il}} = 941 \text{ €/v} - 266 \text{ €/v} \quad V_{S_T} = 675 \text{ €/vuosi} \quad (7)$$

$V_{S_{Talli}}$  on autotallin lämmityksestä vuodessa saatu säästö, €/vuosi

$V_{k_{\delta}}$  on öljylämmityksen energian vuosikustannus, €

$V_{k_{il}}$  on ilmalämpöpumpun energian vuosikustannus, €/vuosi

Ilmalämpöpumpun asentaminen autotalliin on kannattava investointi, sillä voidaan saada jopa 70 prosentin säästö tallin vuosittaisesta lämmityksestä aiheutuvista kustannuksista.

#### Kulutustottumuksien muuttaminen

Kulutustottumuksien muutoksilla voidaan saada säästöjä aikaan. Tottumuksien muuttamisessa kannattaa keskittyä niihin asioihin mitkä kuluttavat eniten energiaa, kuten lämmitykseen, lämpimän veden käyttämiseen ja ilmanvaihtoon. Lämmityksessä tulee välttää yllilämmittämistä. Parhaiten tämä onnistuu säätämällä huonekohtaisilla termostaateilla lämpötila käyttötarkoituksen mukaiseksi, esim. makuuhuoneissa riittää 18 °C:n lämpötila. Silloin kun talossa ei oleskella pitkiin aikoihin, esim. lomareissujen aikana, voidaan lämpötiloja säätää pienemmäksi koko asunnossa. Lämpimän veden kulutuksen rajoittamiseksi suihkuihin suositellaan asennettavaksi veden virtausta rajoittavat suuttimet, sekä jos käyttöveden lämpötila on rajoittamaton tai säädetty liian korkeaksi, se

säädetään lämpötilaan 55 °C. Valaistuksen osalta suositellaan sammuttamaan valot, silloin kun niitä ei tarvita sekä säätämään ulkovalojen kellokytkin niin, että valot palavat vain silloin kun ulkona liikutaan.

## 7 Kustannukset

### 7.1 Kotitalousvähennys

Kotitalousvähennystä voi saada kotitaloustyöstä, joka teetetään kotona tai vapaa-ajan asunnossa. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi asunnon remontointi, tietotekniikkalaitteiden asennus, siivous ja lastenhoito. Kotitalousvähennystä voi saada maksimissaan 2 400 euroa vuodessa. Omavastuu on 100 euroa. Kun työ ostetaan ennakoperintärekisteriin merkityltä yritykseltä, voi siitä vähentää 50 prosenttia arvonlisäverollisesta työn osuudesta. Kotitalousvähennys myönnetään vain työn osuudesta. Vähennys on henkilökohmainen, joten puoliset voivat saada yhteensä 4 800 euron vähennyksen vuodessa. [26.]

### 7.2 Energian kokonaiskustannukset

Kiinteistön kokonaisenergiankulutuksen kustannukset olivat edellisen vuoden tarkastelujaksolla yhteensä noin 3 900 €. Kustannusten jakaantuminen on eritelty taulukossa viisi. Kiinteistön takkoja ei kyseisellä ajanjaksolla käytetty lämmittämiseen laisinkaan, joten polttopuita ei ole tarvinnut ostaa. Kokonaisenergian summasta sähkönkulutuksen osuus on noin 3 000 € ja lämmitysöljyn osuus noin 940 €. Kuukausikohtaiset kustannukset ovat noin 330 €.

Taulukko 5. Energiakustannukset tarkastelujaksolla 1.11.2018–31.10.2019.

Ajanjakso	Sähkö	Öljy	Polttopuut	Yhteensä
Kuukausi	246 €	78 €	0 €	325 €
Vuosi	2957 €	941 €	0 €	3898 €



### 7.3 Energian kokonaiskustannukset muutosten jälkeen

Muutosehdotuksien toteuttaminen jää kiinteistön omistajan vastuulle. Omistaja tulee toteuttamaan muutoksia vähitellen ajan kuluessa. Taulukossa 6 on kiinteistön omistajalle faktapohjaista tietoa mahdollisista säästöistä sähkönkulutuksen osalta ja energian kokonaiskustannuksista.

Taulukko 6. Vuotuiset säästöt (kWh ja €)

kohde	energiansäästö (kWh/v)	säästö (€/v)
yösähkö		313
ilmalämpöpumppu alakerta	3000	420
tulisijat		145
ilmanvaihto	250	35
ilmalämpöpumppu autotalli		675
yhteensä	3250	1588

Energiankulutuksen pienentyminen on ilmoitettu kilowattitunteina sekä euroina. Laskelmissa on käytetty sähkön hintana 0,14 €/kWh, joka sisältää sähkömaksun, siirtomaksut ja verot. Vuotuiset säästöt ovat noin 3.3 kWh ja 1 600 euroa.

## 7.4 Takaisinmaksuaika

Talon alakertaan suositellun ilmalämpöpumpun takaisinmaksuaika saadaan laskettua kaavalla kahdeksan. Takaisinmaksuaika on 4,1 vuotta (kaava 8), laskelmassa ei ole otettu huomioon korkomenoja, koska investoinnin hinta ei ole niin suuri, jotta siihen välttämättä tarvitsee ottaa lainaa.

$$TMA = (H_{hin} + A_{hin} - KTV) : VS_T = (1350 \text{ €} + 750 \text{ €} \times 0.5) : 420 \text{ €} \quad TMA = 4,1 \text{ v} \quad (8)$$

*TMA on investoinnin takaisinmaksuaika*

*H<sub>hin</sub> on hankinnan hinta, €*

*A<sub>hin</sub> on asennuksen hinta, €*

*KTV on kotitalousvähennys*

*VS<sub>T</sub> on autotallin lämmityksestä vuodessa saatu säästö, €/vuosi*

Investoinnin takaisinmaksuaika samalla ilmalämpöpumpulla (Mitsubishi Electric MSZ-LN25VGW+ MUZ-LN25VGZ) mitä suositeltiin asuintalon alakertaan asennettavaksi, olisi vain 2,6 vuotta (kaava 9).

$$TMA = (H_{hin} + A_{hin} - KTV) : VS_T = (1350 \text{ €} + 750 \text{ €} \times 0.5) : 675 \text{ €} \quad TMA = 2,6 \text{ v} \quad (9)$$

*TMA on investoinnin takaisinmaksuaika*

*H<sub>hin</sub> on hankinnan hinta, €*

*A<sub>hin</sub> on asennuksen hinta, €*

*KTV on kotitalousvähennys*

*VS<sub>T</sub> on autotallin lämmityksestä vuodessa saatu säästö, €/vuosi*

## 8 Yhteenveto

Työllä pyrittiin saamaan sipoolaisen kiinteistön omistajalle rahallista hyötyä sekä pienempää hiilijalanjälkeä, kohteen energiankulutusta pienentämällä. Insinööritöissä perehdyttiin kiinteistön energian kulutukseen ja sen pienentämiseen erilaisilla muutoksilla kiinteistötetekniikkaan, laitteiden säätöjen optimoimisella sekä ohjeilla kulutustottumusten muuttamiseksi.

Työssä saavutettiin konkreettisia parannuksia kiinteistötetekniikan säätöjen optimoimisella, annettiin ehdotuksia energiankulutusta pienentäville muutoksille sekä laskelmat uusien investointien tuomista säästöistä ja takaisinmaksuajoista. Toimenpiteillä saatavat säästöt ovat merkittäviä, rahallinen säästö on jopa noin 40 prosenttia ja energian säästö noin 15 prosenttia vuodessa. Investointien takaisinmaksuajat ovat kokonaisuudessaan noin neljä vuotta.

Vaikka kaikki työssä ehdotetut muutokset toteutettaisiin, ei näillä toimenpiteilläkään vanhasta talosta saada yhtä energiatehokasta kuin uudet vastaavat talot ovat. Tämä johtuu rakenteellisista eroista, varsinkin eristeiden osalta. Kokonaisuutena saavuttu energian säästö on kuitenkin merkittävä ja kustannukset pysyivät kohtuullisina. Työssä ei selvitetty rakenteellisia muutoksia talon eristävyysparantamiseksi, eikä uusien energianlähteiden, kuten aurinkoenergian mahdollisuuksia tuottaa edullista energiaa. Näillä osaluilla voidaan tulevaisuudessa vielä parantaa energian kustannustehokkuutta.

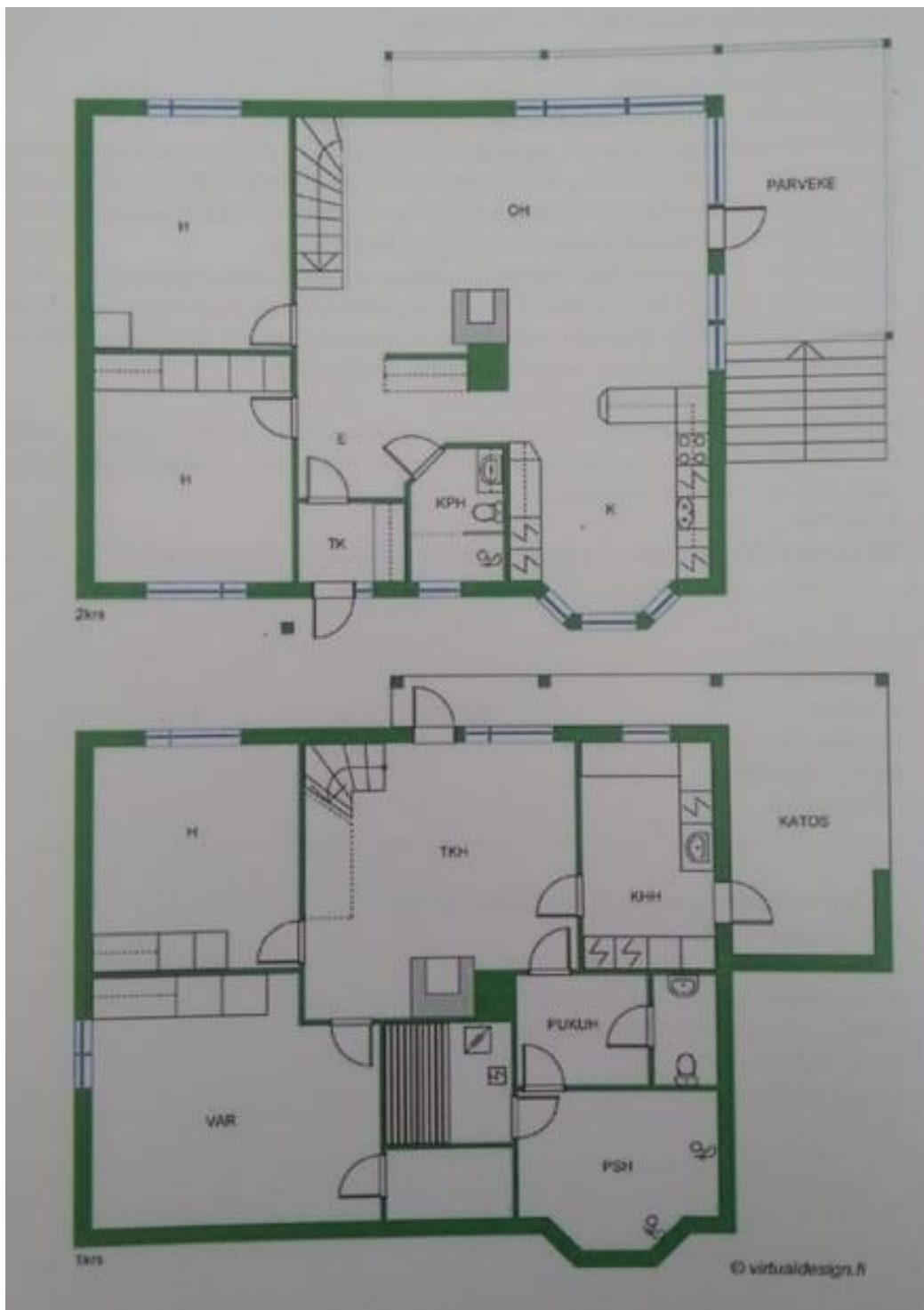
## Lähteet

- 1 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. 2019. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <<https://valtioneuvosto.fi/rinteen-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>> Luettu 28.11.2019.
- 2 Asumisen energiankulutus. 2019. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <<https://www.stat.fi/til/asen/index.html>>. Luettu 28.11.2019.
- 3 Suomen kotitalouksien kulutuksen hiilijalanjälki kasvussa, julkisten hankintojen hiilijalanjälki laskettu ensimmäistä kertaa. 2019. Verkkoaineisto. Ympäristö.fi. <[www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Suomen\\_kotitalouksien\\_kulutuksen\\_hiilija\(49873\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Suomen_kotitalouksien_kulutuksen_hiilija(49873))>. Luettu 18.11.2019.
- 4 Sähkölämmitteisten asuntojen määrä lisääntyi viime vuonna. 2008. Verkkoaineisto. Sähköala. <[http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/uutiset/uutisarkisto/2008/fi\\_FI/220108\\_lammitys/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/uutiset/uutisarkisto/2008/fi_FI/220108_lammitys/)>. Luettu 28.11.2019.
- 5 Ranta, Elina. 2019. Näin sähkön hinta lähti omille teilleen – käyrä näyttää hurjan nousun. Verkkoaineisto. <[www.is.fi/taloussanomat/oma-raha/art-2000005970470.html](http://www.is.fi/taloussanomat/oma-raha/art-2000005970470.html)>. Luettu 25.11.2019.
- 6 Sähkön hinnan muodostuminen. 2015. Verkkoaineisto. Vattenfall. <<https://www.vattenfall.fi/asiakaspalvelu/aihe/sahkosopimukset/sahkon-hinnan-muodostuminen/>>. Luettu 25.11.2019.
- 7 Ilmanvaihto. 2019. Verkkoaineisto. Hengitysliitto. <[www.hengitysliitto.fi/fi/si-sailma/ilmanvaihto](http://www.hengitysliitto.fi/fi/si-sailma/ilmanvaihto)>. Luettu: 31.10.19.
- 8 Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. 2018. Verkkoaineisto. Ilmasto-opas. <<https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/73fa2827-42d1-4fd7-a757-175aca58b441/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa.html>> Luettu 31.10.2019.
- 9 Talotekniikan suunnittelu ja lämmitys. 2018. Verkkoaineisto. Energiatehokas Koti. <[www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys)>. Luettu 31.10.2019.
- 10 Ilmalämpöpumppu on monitoimilaite. 2019. Verkkoaineisto. Ilmalämpöpumppu.fi. <[www.ilmalampopumppu.fi/tietoa/](http://www.ilmalampopumppu.fi/tietoa/)>. Luettu 27.11.2019.

- 11 Pätäkittäin puulämmityksestä. 2019. Verkkoaineisto. Motiva. <[www.motiva.fi/files/210/Patkittain\\_puulammityksesta](http://www.motiva.fi/files/210/Patkittain_puulammityksesta)>. Luettu 11.28.2019.
- 12 Valaistus. Verkkoaineisto. 2019. Motiva. <[https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kiinteiston\\_energian kaytto/valaistus](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/valaistus)>. Luettu 25.11.2019.
- 13 Laitinen, Jussi. 2013. Pieni suuri energiakirja. Viro: Into Kustannus Oy.
- 14 Valaistus. 2019. Verkkoaineisto. Vattenfall. <[www.vattenfall.fi/energianeuvoonta/sahkonkulutus/talotekniikka/valaistus](http://www.vattenfall.fi/energianeuvoonta/sahkonkulutus/talotekniikka/valaistus)>. Luettu 11.11.2019.
- 15 Lämpimän veden järkevä käyttö säästää. 2017. Verkkoaineisto. Kuopion Energia. <[www.sahkoviesti.fi/uutiset-2/lampiman-veden-jarkeva-kaytto-saastaa.html](http://www.sahkoviesti.fi/uutiset-2/lampiman-veden-jarkeva-kaytto-saastaa.html)>. Luettu 11.11.2019.
- 16 Kodin sähkönkulutus. 2019. Verkkoaineisto. Vattenfall. <[www.vattenfall.fi/energianeuvoonta/sahkonkulutus/](http://www.vattenfall.fi/energianeuvoonta/sahkonkulutus/)>. Luettu 14.11.2019.
- 17 Kuukausitilastot. 2018. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. <<https://ilmatieteenlaitos.fi/tammikuu>>. Luettu 14.11.2019.
- 18 Mihin sähköä kuluu kotona? 2019. Verkkoaineisto. Lumme Energia. <<https://energiaa.lumme-energia.fi/energiaa/mihin-sahkoa-kuluu-kotona>>. Luettu 13.11.2019.
- 19 Sähkön kilpailutus. 2019. Verkkoaineisto. Energy Brokers Finland. <[www.kilpailuttaja.fi](http://www.kilpailuttaja.fi)>. Luettu 26.11.2019.
- 20 Kannattaako ilmalämpöpumppu? 2019. Verkkoaineisto. Keravan Energia. <[www.keravanenergia.fi/fi/energiaremppe/ilmalampopumppu/kannattaako-ilmalampopumppu/](http://www.keravanenergia.fi/fi/energiaremppe/ilmalampopumppu/kannattaako-ilmalampopumppu/)>. Luettu 26.11.2019.
- 21 VTT:n testiraportit – ilmalämpöpumppuvertailu. 2018. Verkkoaineisto. VTT. <[www.scanoffice.fi/vtt-testiraportit-ilmalampopumppuvertailu/](http://www.scanoffice.fi/vtt-testiraportit-ilmalampopumppuvertailu/)>. Luettu 4.10.2019.
- 22 Kahilainen, Juho. 2017. Näin kannattavaa on lämmittää varaavalla takalla. Verkkoaineisto. is.fi. <[www.is.fi/taloussanommat/art-2000005391951.html](http://www.is.fi/taloussanommat/art-2000005391951.html)>. Luettu 28.11.2019.
- 23 Manner, Katja. 2012. Öljylämmitys tai sähkölämmitys kannattaa vaihtaa maalämpöön mahdollisimman pian. Verkkoaineisto. Tom Allen Senera. <[www.tomallensenera.fi/blogi/oljylammitys-tai-sahkolammitys-kannattaa-vaihtaa-maalampoon-mahdollisimman-pian](http://www.tomallensenera.fi/blogi/oljylammitys-tai-sahkolammitys-kannattaa-vaihtaa-maalampoon-mahdollisimman-pian)>. Luettu 27.11.2019.

- 24 Ilmalämpöpumpun tilasuositus. Verkkoaineisto. KKH. <<https://www.kkh-luoma.fi/mitoitus.html>>. Luettu 28.11.2019.
- 25 Kun on aika luopua öljylämmityksestä. 2019. Verkkoaineisto. Nurmijärven Sähkö. <[www.nurmijarvensahko.fi/kun-on-aika-luopua-oljylammityksesta/](http://www.nurmijarvensahko.fi/kun-on-aika-luopua-oljylammityksesta/)>. Luettu 28.11.2019.
- 26 Kotitalousvähennys. 2019. Verkkoaineisto. Verohallinto. <<https://www.vero.fi>>. Luettu 27.11.2019.

## Pohjapiirustukset



Kuva 9. Talon pohjapiirustus.